

Зависимость радиальной скорости частицы от времени ее пребывания в циклоне

1.Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 296 с.

2.Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли. – М.: Химия, 1981. – 392 с.

3.Шилиев М.И., Шилиев А.М. Аэродинамика и тепломассообмен газодисперсных потоков. – Томск: Изд-во Томск. гос. архит.-строит. ун-та, 2003. – 272 с.

Получено 18.11.2005

УДК 656.02 : 338.47

И.А.ГАВРИЛЕНКО, Н.И.САМОЙЛЕНКО, д-р техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ПОСТАВКИ ЦЕЛЕВОГО ПРОДУКТА КОНКРЕТНОМУ ПОТРЕБИТЕЛЮ В СИСТЕМАХ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Предлагается метод расчета надежности поставки целевого продукта конкретному потребителю в трубопроводных транспортных системах сложной структуры.

Трубопроводная транспортная система (ТТС) с точки зрения теории надежности представляет собой сложную техническую систему, характеризующуюся следующими специфическими особенностями:

- структурной избыточностью (резервированием), приводящей к тому, что при отказе единичных элементов оборудования система в большинстве случаев может сохранять работоспособность;
- наличием большого спектра отказов, отличающихся вероятностью появления и последствиями – ущербом и длительностью устранения;

- наличием регулярных планово-предупредительных ремонтов в процессе эксплуатации, устраняющих неисправности и неполадки – потенциальные источники отказов;
- восстанавливаемостью (ремонтпригодностью), т.е. возможностью устранять отказы оборудования путем проведения аварийных ремонтов в течение срока функционирования системы.

Расчет надежности таких систем обычно проводится в несколько этапов.

Основным критерием надежности ТТС является вероятность безотказной работы системы или отдельных ее элементов P в течение заданной продолжительности работы T . ГОСТ 27.002-83 этот показатель определяет как «вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ не возникает». Под наработкой понимается заданная продолжительность работы системы или ее элементов. Проблема надежности поставки целевого продукта (ЦП) потребителям освещена в работах [1, 2], где под надежностью поставки ЦП в условный период времени понимается относительное время, в течение которого потребитель имеет возможность получать целевой продукт. Определение данной величины связано непосредственно со структурой сети.

Авторами работ [3, 4] рассматривается надежность трубопроводных транспортных систем без учета надежности поставки ЦП потребителям. Такой подход не учитывает в полной мере целевое назначение исследуемого объекта. При рыночном характере экономики Украины на первый план выходит не техническая надежность ТТС, а надежность поставки ЦП конкретному пользователю. Особенно актуальным этот показатель является для потребителей с непрерывным производственным циклом (предприятий городского электротранспорта, водоснабжения, канализации, заводов, больниц, хлебопекарен), в которых перебои с поставкой ЦП приводят к значительным материальным потерям или грозят экологической катастрофой. Для таких потребителей показатель надежности поставки ЦП должен быть близким к единице. При заключении договоров на поставку ЦП потребитель должен знать значение этого показателя. В случае если он ниже допустимого, потребитель, заключивший договор, окажется в критической ситуации, грозящей ему опасными осложнениями.

Поставщики не менее потребителей заинтересованы в знании текущего значения надежности поставки ЦП тому или иному потребителю, чтобы в случае недостаточно высокого его значения вовремя скорректировать этот показатель. Следовательно, расчет надежности поставки ЦП конкретному пользователю является крайне актуальным

как для поставщиков, так и для потребителей.

Существующие подходы к расчету надежности поставки ЦП в сложных ТТС не принимают во внимание техническую надежность систем [1, 2]. Поэтому возникает необходимость в разработке такого подхода к оценке надежности функционирования транспортных систем, который позволил бы учесть и техническую надежность всей системы, и надежность поставки ЦП потребителям.

Целью данного исследования является разработка метода оценки надежности поставки целевого продукта потребителям в ТТС высокой размерности.

В работе предлагается составить для каждого потребителя расчетную модель надежности, в которой отражены типы соединений структурных компонент сети. В зависимости от типа соединения элементов различают четыре категории моделей: последовательную, параллельную, смешанную, мостовую.

Основные теоремы теории вероятностей позволяют по известным вероятностям безотказной работы отдельных элементов определить вероятность безотказной работы всей системы. Предлагается рассчитать по известным показателям надежности время, в течение которого потребитель не получает ЦП.

В качестве показателя надежности выступает время, в течение которого участок находится в работоспособном состоянии. Детально этот показатель исследован и определен в работе [2].

Сложная разветвленная структура ТТС путем выделения на участках различных типов соединений может быть упрощена и сведена к элементарной цепочке последовательного соединения. Таким образом, рассматривая движение ЦП от источника к потребителю через сложную разветвленную цепь, по данной методике можно определить показатель надежности поставки ЦП потребителю или, что больше интересует потребителя, недопоставку ЦП. Такой подход в определении недопоставки ЦП вызовет разработку мероприятий по повышению устойчивости работы системы. К таким мероприятиям можно отнести:

- добавление мостовых соединений в местах с низкой надежностью;
- кольцевание сети;
- создание резервуаров.

Эти мероприятия могут быть применены как на стадии проектирования, так на стадии эксплуатации ТТС.

Рассмотрим предлагаемую методику расчета на конкретном примере.

Исходные данные и структура ТТС в условиях примера представ-

лены на рис.1.

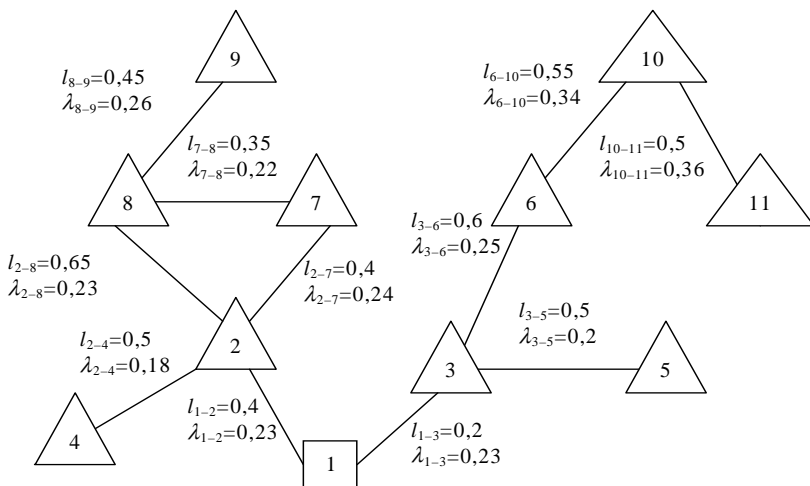


Рис.1 – Разветвленная сеть подачи целевого продукта потребителям от источника

Для каждого трубопровода указана его длина (l) в километрах и параметр потока отказов (λ) в $\frac{1}{\text{км} \cdot \text{год}}$. В сети имеются один источник целевого продукта 1 и десять потребителей 2-11.

Предположим, что сеть обслуживает одна ремонтная бригада, при этом интенсивность восстановления соответствует одному дню.

Выполним расчет времени, в течение которого ТТС и каждый участок в отдельности находятся в исправном или в отключенном состояниях.

1. Средний параметр потока отказов участка длиной 1 км в течение года:

$$\lambda_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0,249 \frac{1}{\text{км} \cdot \text{год}}, \quad (1)$$

где n – количество участков; λ_i – параметр потока отказов i -го участка.

2. Общая длина всех трубопроводов сети:

$$L = \sum_{i=1}^n l_i = 5,1 \text{ км}, \quad (2)$$

где l_i – длина i -го участка.

3. Средняя длина участка:

$$l_{cp} = \frac{L}{n} = 0,46 \text{ км.} \quad (3)$$

4. Средний параметр потока отказов одного участка:

$$\lambda = \lambda_{cp} l_{cp} = 0,1145 \text{ год}^{-1}. \quad (4)$$

5. Вероятность нахождения системы в состоянии с одним отключенным участком:

$$P_1 = \frac{(n-k+1)! \lambda^k}{k! \mu^k} P_0 = \frac{n!}{k!(n-k)!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k P_0 = 0,00345 P_0, \quad (5)$$

где k – количество отключенных участков; $\mu = 365 \text{ год}^{-1}$ – параметр потока восстановления; P_0 – вероятность нахождения системы в исправном состоянии.

6. Вероятность нахождения системы в состоянии с двумя отключенными участками:

$$P_2 = \frac{(n-k+1)! \lambda^k}{r! r^{k-r} \mu^k} P_0 = \frac{n!}{r! r^{k-r} (n-k)!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k P_0 = 0,000011 P_0, \quad (6)$$

где $r = 1$ – количество ремонтных бригад.

7. Система будет находиться в исправном состоянии $P_0 = 0,996539$, т.е. 99,6539%. Вероятностный показатель переведем в показатель времени

$$\frac{99,6539 \cdot 365}{100} = 363,74 \text{ дня в год.}$$

В состоянии с одним отключенным участком система будет находиться $P_1 = 0,003438$, что составляет 1,25 дня в год; в состоянии с двумя отключенными участками $P_2 = 0,0000109$ (0,004 дня или 5,8 мин. в год).

8. Определим для каждого участка время, в течение которого он находится в отключенном состоянии. Для участка с номером 1-2 вероятность того, что он отключен

$$\bar{P}_i = \frac{P l_i}{L} = \frac{0,003438 \cdot 0,4}{5,1} = 0,000270. \quad (7)$$

Выполнив аналогичные действия для остальных десяти участков трубопроводов, получим:

$$P_{2-4} = 0,000337; P_{1-3} = 0,000135; P_{3-5} = 0,000337; P_{2-7} = 0,000270; \\ P_{2-8} = 0,000438; P_{7-8} = 0,000240; P_{8-9} = 0,000303; P_{3-6} = 0,000404; \\ P_{6-10} = 0,000371; P_{10-11} = 0,000337.$$

9. Составим для каждого потребителя расчетную модель надежности, учитывая движение ЦП от источника к данному потребителю.

В качестве примеров, рассмотрим только два наиболее удаленных от источника потребителя с номерами 9 и 11. Соответствующие схемы расчета надежности представлены на рис.2, 3.

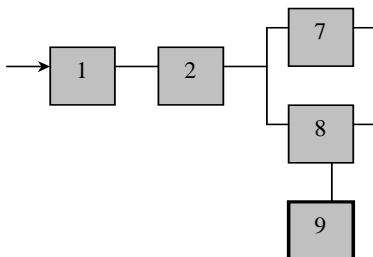


Рис.2 – Расчетная схема определения надежности поставки ЦП для потребителя 9

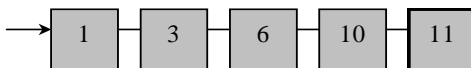


Рис.3 – Расчетная схема определения надежности поставки ЦП для потребителя 11

10. Определим надежность поставки ЦП для потребителей 9 и 11.

Для удобства вычислений в расчете используем время, в течение которого каждый участок находится в работоспособном состоянии, исходя из равенства единице суммы вероятностей противоположных событий. Например, участок с номером 1-2 работоспособен:

$$P_{1-2} = 1 - 0,000270 = 0,999730.$$

Вероятность поставки ЦП для потребителя 9 составит:

$$P_{нотр}^9 = P_{1-2} \cdot (1 - (1 - P_{2-7})(1 - P_{2-8})) \cdot P_{8-9} = \\ = 0,999730 \cdot (1 - (1 - 0,999730)(1 - 0,999562)) \cdot 0,999697 = \\ = 0,999426964. \quad (8)$$

Вероятность поставки ЦП для потребителя 11:

$$P_{номр}^{11} = P_{1-3} \cdot P_{3-6} \cdot P_{6-10} \cdot P_{10-11} = 0,999865 \cdot 0,999596 \cdot 0,999629 \cdot 0,999663 = 0,998753561. \quad (9)$$

Как видно из расчетов, надежность поставки ЦП к потребителю 9 выше, чем к потребителю 11. Движение ЦП к потребителю 9 происходит через блок параллельного соединения 7 и 8, что повышает надежность для потребителя 9. Поставка же ЦП к потребителю 11 осуществляется через цепочку последовательных соединений, следовательно, для этого потребителя надежность поставки ЦП ниже.

Результаты вычислений приведены в таблице.

Сравнительные показатели надежности поставки конкретным потребителям

	Время получения ЦП потребителем, %	Время, в течение которого потребитель не получает ЦП, %	Поставка ЦП, дней, час., мин. в год	Недоставка ЦП, час., мин. в год
Потребитель 9	99,9426964	0,0573036	364 дня 18 час. 59 мин.	5 час. 1 мин.
Потребитель 11	99,8753561	0,124639	364 дня 13 час. 5 мин.	10 час. 55 мин.

Предлагаемый метод расчета надежности поставки целевого продукта конкретному потребителю позволяет:

- оценить степень обеспечения ТТС конкретного потребителя гарантированной поставкой ЦП;
- конкретизировать месторасположение в трубопроводной сети нового потребителя с заданными требованиями на надежность поставки ЦП;
- установить потребность в проведении реконструкции трубопроводной сети для повышения надежности поставки ЦП;
- определить вариант реконструкции трубопроводной сети, обеспечивающий наибольшее повышение надежности поставки ЦП;
- провести анализ влияния аварийных или регламентных профилактических работ, проводимых на сети, на гарантированную надежность поставки ЦП;
- разработать мероприятия для безусловной поставки ЦП потребителю.

1.Гальперин Е.М. Расчет кольцевых водопроводных сетей с учетом надежности функционирования. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1989. – 104 с.

2.Рудь И.А. Методы, критерии и алгоритмы принятия решений по эксплуатации и развитию инженерных сетей с учетом их надежности: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.06. – Харьков: ХГАГХ, 2001. – 153 с.

3.Ильин Ю.А. Надежность водопроводных сооружений и оборудования. – М.:

Стройиздат, 1985. – 240 с.

4.Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.

Получено 04.11.2005

УДК 381.3.06

Н.И.САМОЙЛЕНКО, д-р техн. наук, Н.О.МАНАКОВА, канд. техн. наук
Харьковская национальная академия городского хозяйства

КОМПАКТНАЯ ЗАПИСЬ ОПЕРАТОРНЫХ СХЕМ

Рассматривается компактная запись операторных схем, применяемых в управленческих процессах различных предприятий. Целесообразность применения такой записи операторных схем обуславливается спецификой процесса принятия решения в условиях диспетчеризации производственных процессов в режиме реального времени. Упомянутые условия принятия решений характерны для систем жизнеобеспечения населения, таких как газо-, водо- и теплоснабжение, входящих в жилищно-коммунальный комплекс.

Развитие методов моделирования управленческих процессов в технических и экономических системах, в том числе и бизнес-процессах, породило большое разнообразие способов их представления: формульные выражения, операторные схемы, а также популярные в настоящее время CASE- и UML-диаграммы [1]. Основной целью последних есть структуризация и наглядность процесса для управленца (оператора, диспетчера, менеджера). Но в большинстве своем упомянутые способы (особенно два последних) громоздки, перегружены вербальными элементами и слишком универсальны, что на определенном этапе становится недостатком, а не преимуществом. Эти особенности ограничивают их использование для диспетчеризации производственных процессов в режиме реального времени. Здесь, в первую очередь, важна компактность и эргономичность способов представления для повышения скорости принятия решений.

К таким компактным записям процессов управления можно отнести:

- мнемосхемы, введенные в работе [2] для управления информационно-аналитическими диалоговыми системами;
- операторные схемы управления, используемые часто для сокращенной записи блок-схем [3];
- строчные записи блок-схем алгоритма, введенные еще в классических трудах по программированию [4].

В этой связи особого интереса заслуживает работа [5], где предложена процедура моделирования бизнес-процессов оперативного управления производством и усовершенствовано математическое опи-